Edgar F. Cyriax

Ueber

den Einfluss der Körperbewegung auf die Magenverdauung.

Von

Prof. Dr. med. **F. Tangl**
in Budapest.

Bonn, 1896.

Separat-Abdruck aus dem Archiv für die ges. Physiologie Bd. 63.

Verlag von Emil Strauss.

TANGL

Ueber den Einfluss der Körperbewegung auf die Magenverdauung.

Von

Prof. Dr. med. **F. Tangl**
in Budapest.

I.

Die älteste und von der Mehrzahl der Aerzte angenommene Ansicht über den Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauung ist wohl die, dass eine mässige Bewegung nach der Mahlzeit am zuträglichsten ist. Das sagt ja auch der bekannte alte Spruch: „post coenam stabis aut mille passus ambulabis". Suchen wir aber einen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme, so dürften wir in der ganzen Literatur kaum einen finden. Thatsächlich existiren nur spärliche Beobachtungen und Untersuchungen über diese auch vom praktischen Standpunkte sehr wichtigen Frage.

Die ersten Versuche und zwar an Thieren scheint Louis Villain im Jahre 1849 angestellt zu haben. Er fütterte zwei gleich grosse Hunde mit derselben Quantität Futter und liess dann den einen laufen und den anderen ruhig liegen. Nach einer gewissen Zeit tödtete er sie und fand bei dem Hunde, welcher lief, das aufgenommene Futter fast noch unverändert vor, während bei dem anderen sich bereits Chymus gebildet hatte[1]). Nach der Arbeit Villain's vergingen, wie ich aus der mir zugänglichen Literatur ersehe, wieder Jahrzehnte, bis die Frage neuerdings experimentell geprüft wurde. Inzwischen fand die alte Lehre auch noch durch Ranke's Untersuchungen über die Blutvertheilung beim Thätigkeitswechsel der Organe eine Bestärkung, da durch diese bewiesen wurde, dass die Verdauungsorgane während der Verdauung einen stärkeren Blutzufluss haben, ebenso wie die thätigen

1) Citirt nach Salvioli siehe weiter unten.

Muskeln. Es war also der Gedanke sehr naheliegend, dass durch die Muskelthätigkeit bei den Körperbewegungen, den Verdauungsorganen Blut entzogen wird. — Forster ist der erste, der auf Grund von Versuchen, die in seinem Laboratorium C. Hestermann angestellt hat, der Ansicht Ausdruck verleiht, „dass die Verdauungszeit, wie wahrscheinlich auch die Ausnützungsgrösse verschiedener Speisen die gleiche bei der Ruhe, wie bei der Arbeit des consummirenden Menschen sei“ [1]).

Im Jahre 1888 hat J. Cohn[2]) unter Rossbach's Leitung Versuche an Hunden angestellt, um den Einfluss mässiger Körperbewegung auf die Magenverdauung zu bestimmen. Die Hunde erhielten eine bestimmte Probemahlzeit — (125 gr frischen Schabfleisches und 150 cm³ Wasser) — die nach 15 stündiger Carenz verabreicht wurde. Dann wurden die Thiere abwechselnd entweder der Ruhe überlassen oder auf einen 2 stündigen Spaziergang mitgenommen. 2—5 Stunden nach Aufnahme der Probemahlzeit wurde der Magen durch eine Hebersonde mit 300 cm³ Wasser ausgespült. Der auf diese Weise gewonnene verdünnte Magensaft wurde auf seine verdauende Kraft, seinen Salzsäure-, Milchsäure- und Peptongehalt geprüft. Die zahlreichen Versuche, die Cohn an 3 Hunden ausführte, ergaben, dass, durch Bewegung unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme die Magenverdauung beeinflusst wird und dass dieser Einfluss in Verlangsamung und Verzögerung der Verdauung besteht.“

Zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangte Streng[3]) sowohl beim Menschen als beim Hunde. Streng gab seinen Hunden 25 gr Carne pura in 300 cm³ warmen Wassers suspendirt; danach

---

1) J. Forster, Ernährung und Nahrungsmittel in Pettenkofer u. Voit's Hdb. der Hygiene I. 1. p. 113. Forster beruft sich an dieser Stelle bezüglich der Hestermann'schen Versuche auf seinen Artikel „Kost des Menschen“ in Liebig-Fehling's „Handwörterbuch der Chemie“. Dieser Artikel enthält jedoch, wie J. Cohn angiebt — das Liebig-Fehling'sche Werk stand mir nicht zur Verfügung — keine näheren Angaben über die Art und Ergebnisse dieser Versuche.

2) J. Cohn, Ueber den Einfluss mässiger Körperbewegung auf die Verdauung. Deutsches Archiv f. klin. Medic. Bd. XLIII. pag. 239.

3) Streng, Ueber den Einfluss körperlicher Bewegung auf die Magenverdauung. Deutsche med. Wochenschr. 1891. p. 54.

mussten sie einmal 3 Stunden in absoluter körperlicher Ruhe zubringen, das andere mal tüchtige Bewegung machen. Nach 3 Stunden wurde der Magen mit der Magenpumpe — ohne vorheriges Eingiessen von Wasser — seines Inhaltes völlig entleert und der letztere chemisch untersucht. Im Ganzen wurden an zwei Hunden 38 Versuche angestellt. Ausserdem wurden an 3 Männern mit gesundem Magen 25 Versuche ausgeführt. Diese erhielten eine Probemahlzeit — (200 gr Schabfleisch, 1 Brödchen, 1 Teller Bouillon, 2 Löffel Kartoffelbrei) — und verblieben dann entweder in Ruhe oder machten theils Bewegung am Ergostaten, theils gingen sie spazieren. Nach $4^1/_2$ Stunden wurden sie mit der Magensonde ausgehebert. Sowohl die Versuche an den Hunden als die am Menschen ergaben übereinstimmend, dass die Magenthätigkeit in keiner Weise davon beeinflusst wird, ob der Körper Muskelbewegungen ausgesetzt wird oder ob er absolute Ruhe einhält."

Salvioli[1]) hat ebenfalls an Hunden experimentirt. In den meisten Versuchen hat er Magenfistelthiere verwendet; in einigen hat er den Magen zum Zwecke der Untersuchung seines Inhaltes durch subcutane Apomorphininjectionen entleert. Die gewünschte Körperbewegung machten die Thiere in einem Tretrade, meist 3 km per Stunde; am längsten liefen sie 5 Stunden = 45 km. Die Resultate dieser Versuche waren die folgenden: Die körperliche Bewegung setzt die Menge des producirten Magensaftes bedeutend herab; die Acidität, der gesammte Chlorgehalt des Magensaftes ist vermindert. Dem entsprechend stört die körperliche Ermüdung auch die Magenverdauung, da der während derselben producirte Magensaft viel von seinem Verdauungsvermögen verloren hat. Doch sind diese Verdauungsstörungen nur vorübergehend, denn 2 Stunden nach der Körperbewegung wird wieder ein normaler Magensaft secernirt. Ausserdem überzeugten S. zwei Versuche davon, dass die aufgenommene Nahrung, wenn auch unverdaut, durch die Körperbewegung aus dem Magen schneller in den Darm befördert wurde.

Noch zwei Arbeiten giebt es — so weit ich die Literatur durchsuchen konnte — die den Einfluss der Körperbewegung auf

---

1) Salvioli, Influence de la fatigue sur lá digestion stomacale. — Archives italiennes de biologie. 1892. T. XVII. p. 248.

die Magenverdauung behandelten, die Dissertation von W. Spirig[1]) und die kurze Mittheilung von H. Surmont et Brunelle[2]). Sp. untersuchte an sich und noch einem gesunden Manne genau 60 Minuten nach Aufnahme eines Ewald'schen Probefrühstückes den durch Expression nach Boas entleerten Mageninhalt und fand, „dass bei Ruhe der höchste Aciditätsgrad erreicht wird, die Pepton- und Propeptonmengen die grössten sind, die Motilität dagegen die geringste ist; bei mässiger Bewegung die Säuremenge abnimmt, ebenso die Menge der Propeptone und Peptone und die Motilität des Magens sich steigert, während alle übrigen Factoren der Magenverdauung gleich bleiben, bei eigentlicher Arbeit ebenfalls die Säuremenge und die Menge der Peptone wie bei mässiger Bewegung fällt, die Motilität zunimmt, während die übrigen Magenfunktionen unverändert bleiben und ausnahmsweise eine gänzliche Aufhebung der Magenverdauung in der ersten Stunde nach dem Ewald'schen Probefrühstück eintritt."

Surmont und Brunelle fanden bei Hunden, dass die Körperbewegung gleich nach der Nahrungsaufnahme die Motilität des Magens nicht besonders beeinflusst; allerdings geben sie nicht an, wie sie sich davon überzeugt haben. Dagegen ist nach ihnen die Säureproduction bedeutend erhöht.

Während fast in allen angeführten Publicationen nur ein Theil der Verdauungsarbeit der Gegenstand der experimentellen Prüfung war, hat neuestens S. Rosenberg[3]) mit einer Reihe sehr exakter Versuche, die er im Zuntz'schen Laboratorium anstellte, die Frage entschieden, wie die Gesammtverdauung, die Ausnützung der aufgenommenen Nahrungsstoffe durch die Körperbewegung beeinflusst wird. R. liess sein Versuchsthier, eine Hündin, auf der Zuntz-Lehmann'schen Tretmühle meist vier Stunden hintereinander arbeiten. Die dabei verrichtete Arbeit war verschieden gross, doch immer eine recht anstrengende. In einem Theil der

1) W. Spirig, Ueber den Einfluss von Ruhe, mässiger Bewegung und körperlicher Arbeit auf die normale Magenverdauung des Menschen. Diss. inaug. Bern. 1892.

2) Surmont et Brunelle, De l'influence de l'exercise sur la digestion gastrique. (Compt. rend. de la soc. de biologie. 1894. pag. 705.)

3) S. Rosenberg, Ueber den Einfluss körperlicher Anstrengung auf die Ausnützung der Nahrung. (Dieses Archiv Bd. 52. p. 401.)

Versuche fiel die Arbeit in die Zeit der Magenverdauung, im anderen in die der Darmverdauung. Die Nahrung des Thieres bestand aus magerem Pferdefleisch, Schweineschmalz und Reis. Im Kothe wurde der N und das Fett bestimmt. Das Ergebniss dieser Versuche war, „dass beim verdauungsgesunden Hunde die Ausnützung der Nahrung ganz unabhängig davon ist, ob das Thier sich während der Verdauung in Ruhe befindet oder eine sehr energische Arbeit leistet.“ R. hält es für wahrscheinlich, dass dieser Satz auch für den Menschen gültig ist.

Vor Rosenberg haben schon Grandeau und Leclerc und E. Wolff ähnliche, wenn auch nicht so ausführliche Versuche an Pferden angestellt.

Grandeau und Leclerc[1]) haben in dem Laboratorium der Comp. générale des voitures in Paris eine Futtermischung, welche den Pferden der genannten Gesellschaft gegeben wurde, auf Werth und Brauchbarkeit geprüft und unter ihren zahlreichen Versuchen auch den Einfluss der Arbeit untersucht. Die Grösse der geleisteten Arbeit wurde an einem Göpel mit Dynamometer bestimmt. Die Versuche an 3 Pferden ergaben, dass eine längere Zeit fortgesetzte Bewegung oder eine vermehrte Tagesarbeit eine Verdauungsdepression zur Folge hat, welche für „die gesammte organische Substanz bei der Bewegung im Schritt 1—2 %, im Trab 3—4 % beträgt. Auch scheint auf die Grösse der Depression weniger die etwas erhöhte Arbeitsleistung als vielmehr die Art der Bewegung von Einfluss zu sein. Die Verdauungsdepression ist bei rascherem Gange — Trabe — sowohl mit als ohne Arbeitsleistung bedeutend grösser als bei der Bewegung im Schritt.

E. Wolff[2]) ist bei seinen Versuchen in Hohenheim zu anderen Resultaten gelangt, trotzdem die Versuchsanordnung eine ähnliche war wie die der französischen Autoren. Das Resultat seiner Versuche lautet dahin, dass „die Steigerung der Tagesarbeit bis zu einer gewissen Grenze die Verdauung des Futters nicht eon-

1) Grandeau et Leclerc, Études expérimentales sur l'alimentation du cheval de trait. Paris, Berger-Lévrault. 1882. — Deuxième mémoire. 1883. — (Citirt nach E. Wolff.)

2) E. Wolff, Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes. Berlin. P. Parey 1886 und Grund. f. die rat. Fütt. des Pferdes. — Neue Beiträge. Ebenda 1887.

stant nach bestimmten Richtungen hin beeinflusst, wenn die Fortbewegung des Pferdes hierbei stets im gleichen langsamen Schritt am Göpel erfolgt." — Das von den Pariser Versuchen abweichende Resultat erklärt W. mit der verschiedenen Individualität der Versuchsthiere; möglicherweise „spiele auch die verschiedene Fütterungsweise dabei eine Rolle."

Aus dieser Uebersicht über die einschlägige Literatur dürfte es zur Genüge hervorgehen, dass wir über den Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauung kaum etwas Bestimmtes wissen, weder was die Gesammtausnützung der Nahrung noch was die verschiedenen Verdauungsvorgänge in den einzelnen Abtheilungen des Magen-Darmkanales betrifft. Einerseits gelangten die verschiedenen Forscher bei derselben Thiergattung zu widersprechenden Resultaten, anderseits ist es ja noch gar nicht festgestellt wie weit man in dieser Frage von einer Thierspecies auf eine andere folgern kann, da unsere diesbezüglichen vergleichend-physiologischen Kenntnisse noch ziemlich lückenhaft sind.

Dieser Umstand gab auch die Veranlassung zu den Untersuchungen, über die im Folgenden berichtet werden soll. Sie wurden zu dem Zwecke angestellt, um den Einfluss der Körperbewegung auf die Verdauungsvorgänge im Magen des Pferdes kennen zu lernen. Bei diesem Thiere wurde dies meines Wissens bisher überhaupt noch nicht untersucht und ich unterzog mich auf Anregung des Herrn Medizinalrath Prof. Dr. Ellenberger umso bereitwilliger dieser Aufgabe, als ja vor allem die interessante Frage zu entscheiden war ob, sich die Verdauungsvorgänge im Magen eines Pflanzenfressers während der Körperbewegung ebenso verhalten, wie die des Hundes oder des Menschen und anderseits diese Frage auch vom praktischen Standpunkte der rationellen Fütterung des Pferdes von Wichtigkeit ist. Die Untersuchungen habe ich noch vor 4 Jahren im physiologischen Institute der Dresdener thierärztlichen Hochschule begonnen und grösstentheils durchgeführt und dann später so weit es möglich war in meinem Institute abgeschlossen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Medizinalrath Prof. Dr. Ellenberger auch an dieser Stelle für sein liebenswürdiges Entgegenkommen und die überaus liberale Weise, mit der er mir zu den Untersuchungen sein Institut und das kostspielige Thiermaterial überliess, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

II.

Von den Methoden welche bei unseren Untersuchungen in Betracht kommen konnten, wurde diejenige gewählt, welche Ellenberger und Hofmeister bei ihren zahlreichen, für die Ernährungsphysiologie der Haussängethiere so werthvollen und bedeutenden Untersuchungen angewendet haben. Es ist das die Methode, welche zuerst Schmidt-Mülheim[1]) beim Hunde angewendet hat. Sie wurde jedoch erst von Ellenberger und Hofmeister weiter ausgebildet und systematisch durchgeführt. Nach derselben füttert man die Thiere (Pflanzenfresser) einige Tage hindurch gleichmässig mit demselben Futter; hierauf lässt man sie 24—36 Stunden hungern, damit der Verdauungstrakt — soweit es beim Pflanzenfresser überhaupt möglich ist — von dem Vorfutter befreit werde. Dann wird erst das zu dem Versuche bestimmmte analysirte Futter in genau abgewogener Menge dem Thiere vorgelegt. Dem Zwecke des Versuches entsprechend wird alsdann das Thier eine gewisse Zeit nach der Nahrungsaufnahme getödtet, die einzelnen Abtheilungen des Magen-Darmkanales abgebunden und der Inhalt analysirt. Diese Methode bietet den gewiss nicht unwesentlichen Vortheil, ohne jeden operativen Eingriff genaue Aufklärung erhalten zu können über die qualitativen und quantitativen Verhältnisse der einzelnen Verdauungsvorgänge in den verschiedenen Abtheilungen des Magen-Darmtraktes. — Ich war in der angenehmen Lage, mit den Details der Methode durch Herrn Medizinalrath Ellenberger selbst bekannt zu werden.

Zu meinen Versuchen wurden ausschliesslich gesunde Pferde gewählt resp. weiterhin nur diejenigen verarbeitet die sich auch bei der Section als gesund erwiesen. Im Ganzen hatte ich 10 Pferde zur Verfügung, von denen jedoch 2 ausgeschlossen werden mussten, das eine, weil es an einem sehr heftigen Magenkatarrh litt, das andere, weil ein grober Versuchsfehler begangen wurde, der die analytischen Daten unbrauchbar machte.

Die Thiere wurden 5 Tage nur mit Heu vorgefüttert; 36 Stunden vor dem Versuche wurde ihnen jedes Futter entzogen, nur Trinkwasser wurde ihnen einige Male — das letzte 12 Stunden vor der Verabreichung des Ver-

---

1) Schmidt-Mülheim, Untersuchungen über die Verdauung der Eiweisskörper. (Du Bois' Archiv 1879. pag. 39).

suchsfutters — vorgesetzt. Dieses lange Hungern erwies sich als nothwendig, um den Magen und Dünndarm frei von Heuüberresten zu erhalten. — Nach dem 36 stündigem Hungern erhielten die Thiere genau abgewogene 1500 gr eines analysirten Hafers. Die Menge des Hafers wurde deshalb relativ so klein bemessen, damit er, wie das auch bei allen Pferden der Fall war, vollständig verzehrt werde. Es waren auch Vorkehrungen getroffen, damit beim Fressen vom Futter nichts verloren gehe, so dass die Thiere thatsächlich alles bis auf das letzte Korn aufgenommen haben. Die Zeit, welche das Thier zum Verzehren des Futters brauchte, wurde auch notirt. Nach beendeter Mahlzeit blieben 3 Pferde ruhig im Stalle stehen, 3 wurden in Trab und 2 in Schritt getrieben. Die Ruhe resp. die Bewegung dauerte in jedem Versuche 1 Stunde vom Ende der Mahlzeit an gerechnet. Genau 1 Stunde nach beendeter Mahlzeit wurden die Thiere — im Institute selbst — getödtet. Dieser Zeitpunkt wurde deshalb gewählt, weil zu dieser Zeit die Verdauung bereits in vollem Gange ist und anderseits vom Versuchsfutter noch gar nichts in den Dickdarm gelangt, wovon ich mich übrigens bei jedem Pferde durch Oeffnen des Dickdarmes selbst überzeugte.

Nachdem das Thier verblutet war, wurde die Bauchhöhle so rasch als möglich geöffnet, und vor allem der Magen am Pylorus und etwa 2 cm oberhalb der Cardia und das untere Ende des Ileum abgebunden; dann wurden Magen und Dünndarm rasch herausgeschnitten und auf 1—$1^1/_2$ Stunden in eine Kältemischung (Eis und Kochsalz) gelegt. Durch die starke Abkühlung wurde eine weitere Einwirkung der Verdauungsfermente verhindert. Nachher wurde der Magen- und Darminhalt entleert — (die auf der Schleimhaut klebenden Theile mit dem Finger sorgfältig abgestreift) — und gewogen.

Die Verarbeitung des Mageninhaltes geschah in folgender Weise: Nachdem derselbe zum Zwecke der gleichmässigen Vermischung gründlich durchgerührt war, wurde die Reaction mit Lakmus-, eventuell mit Tropaeolinpapier geprüft und 2 aliquote Theile zur Bestimmung der Trockensubstanz abgewogen. — 2 andere genau abgewogene aliquote Theile (70—80 gr) wurden auf je ein abgewogenes Filter gebracht, zwischen Eis gestellt, in hohe Glascylinder filtrirt und mit gekühltem destillirtem Wasser tagelang so lange gewaschen, bis das Filtrat auf Platinblech keinen Rückstand mehr gab. (In Eis gestellt und mit gekühltem Wasser wurde ebenfalls deshalb gewaschen, um eine weitere Einwirkung der vorhandenen Verdauungsfermente zu verhindern.) — Der Filterrückstand wurde dann getrocknet und gewogen. Auf diese Weise wurde festgestellt, wie viel vom Mageninhalte in gelöstem und ungelöstem Zustande vorhanden war. — Das Filtrat, welches also die gelösten Substanzen des Mageninhaltes enthält, wurde in 2 Versuchen eingeengt, und darin die Menge der Kohlehydrate bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden vom eingeengten Filtrate 2 aliquote Theile zur vollständigen Saccharificirung der gelösten Kohlehydrate mit 3 % iger Schwefelsäure gekocht und in ihnen nach Entfernung der Eiweisskörper der Zucker nach der Allihn'schen Methode bestimmt.

Im Gesammt-Mageninhalte wurden weiterhin stets mit Doppelanalysen in allen Versuchen die Rohfaser, in zwei Versuchen auch die Kohlehydrate-(Stärke+gelöste Kohlehydrate) quantitativ ermittelt. Die Rohfaserbestimmung geschah mittelst der bekannten Schwefelsäure-Kalilaugemethode[1]). Die Kohlehydrate wurden nach vollständiger Saccharificirung mit 3 %iger Schwefelsäure und nach Entfernung der Eiweisskörper ebenfalls mit der Allihn'schen Methode bestimmt. Da auf diese Weise einerseits die Menge der gesammten, gelösten + ungelösten, Kohlehydrate festgestellt wurde und anderseits, wie oben angegeben, auch die Menge der gelösten Kohlehydrate constatirt wurde, konnte berechnet werden, wie viel Kohlehydrate noch ungelöst blieben.

An dieser Stelle sei auch erwähnt, dass äussere Verhältnisse und ein unglücklicher Zufall es leider unmöglich machten, ausser den erwähnten 2 Versuchen auch in den übrigen die Kohlehydratverdauung quantitativ zu bestimmen. Aehnlich erging es mir auch mit den N-Bestimmungen des Mageninhaltes und mit den Analysen des Dünndarminhaltes.

Die 8 Versuche in der beschriebenen Weise bearbeitet, lieferten folgende Daten:

Der in allen Versuchen verwendete Hafer enthielt:

Trockensubstanz	85,86 %
Wasser	14,14 „

Von der Trockensubstanz waren:

Rohfaser (aschefrei)	13,71 %
N-haltige Substanzen (N × 6,25)	12,23 „
Kohlehydrate (als Dextrose gerechnet)	58,02 „
Asche	3,39 „
Näher nicht bestimmte organ. Substanzen	12,65 „

In jedem Versuche verzehrte das Pferd 1500 gr dieses Hafers. Jedes Pferd nahm also mit diesem Futter auf:

Trockensubstanz	1283,4 gr
Wasser	216,6 „

In der aufgenommenen Trockensubstanz waren von den bei diesen Versuchen in Betracht kommenden Stoffen:

Rohfaser	176,0 gr
Kohlehydrate	744,6 „

1) Genau nach den Angaben von Ellenberger und Hofmeister, Ueber die Verdauung der Kartoffelstärke resp. der Kartoffeln bei Schweinen. Deutsche Zeitschr. f. Thiermedic. u. vergleich. Pathol. Bd. XIV. p. 320.

Versuch I.

Das Pferd hat 1500 gr Hafer in 17 Minuten verzehrt. 1 Stunde lang nach beendeter Mahlzeit stand es ruhig im Stalle und wurde dann getödtet.

a) Mageninhalt 2921 gr.

Trockensubstanz	770,4 gr	=	26,36 %
Wasser	2150,6 „	=	73,64 „

Von der Trockensubstanz waren:

gelöst 124,8 gr
ungelöst 645,6 „

In der Trockensubstanz waren:

Rohfaser 93,66 gr.

b) Dünndarminhalt 6191 gr.

Trockensubstanz	364,8 gr	=	5,89 %
Wasser	5826,2 „	=	94,11 „

Versuch II.

Das Pferd hat 1500 gr Hafer in 20 Minuten gefressen. 1 Stunde lang nach beendeter Mahlzeit stand es ruhig im Stalle und wurde dann getödtet.

a) Mageninhalt 2566 gr.

Trockensubstanz	859,6 gr	=	33,5 %
Wasser	1706,4 „	=	66,5 „

Von der Trockensubstanz sind:

gelöst 156,1 gr
ungelöst 703,5 „

In der Trockensubstanz waren:

Rohfaser (aschefrei) 102,0.

Kohlehydrate { gelöst 65,6 gr; ungelöst 413,0 „ }

b) Dünndarminhalt 5630 gr.

Trockensubstanz	385,8 gr	=	6,85 %
Wasser	5244,2 „	=	93,25 „

Versuch III.

Das Pferd hat die 1500 gr Hafer in 20 Minuten verzehrt. Sofort nach beendeter Mahlzeit wurde es 1 Stunde lang an der Longe im Trab getrieben und dann getödtet.

a) Mageninhalt 4005 gr.

Troekensubstanz	1290 gr	=	32,2 %
Wasser	2715 „	=	67,8 „

Von der Trockensubstanz waren:

gelöst 399,1 gr
ungelöst 890,9 „

In der Trockensubstanz waren:

Rohfaser 146,8 gr.

Kohlehydrate { gelöst 172,8 gr / ungelöst 486,4 „

b) Dünndarminhalt 2975 gr.

Trockensubstanz	134,0 gr	=	
Wasser	2841,0 „	=	

Versuch IV.

Das Pferd hat die 1500 gr Hafer in 22 Minuten verzehrt. Sofort nach beendeter Mahlzeit wurde es 1 Stunde lang an der Longe im Trab getrieben und dann getödtet.

a) Mageninhalt 4604 gr.

Trockensubstanz	1221,4 gr	=	26,5 %
Wasser	3382,6 „	=	73,5 „

Von der Trockensubstanz sind:

gelöst 233,1 gr
ungelöst 988,3 „
Rohfaser 160,4 „

b) Dünndarminhalt 5553 gr.

Trockensubstanz	189,5 gr	=	3,4 %
Wasser	5363,5 „	=	96,6 „

Versuch V.

Das Pferd hat die 1500 gr Hafer in 17 Minuten verzehrt. Sofort nach beendeter Mahlzeit wurde es 1 Stunde an der Longe in Trab getrieben und dann getödtet.

a) Mageninhalt 4320 gr.

Trockensubstanz	971,6 gr	=	22,5 %
Wasser	3448,4 „	=	77,5 „

Rohfaser 132,9 gr.

b) Dünndarminhalt 5158 gr.

Trockensubstanz	298,6 gr	=	5,8 %
Wasser	4859,4 „	=	94,2 „

Versuch VI.

Das Pferd hat die 1500 gr Hafer in 24 Minuten verzehrt. 1 Stunde lang nach beendeter Mahlzeit stand es ruhig im Stall und wurde dann sofort getödtet.

a) Mageninhalt 3356 gr.

Trockensubstanz	999,8 gr	=	29,8 %
Wasser	2356,2 „	=	70,2 „

Rohfaser 100,9 gr.

b) Dünndarminhalt 6158 gr.

Trockensubstanz	279,5 gr	=	4,5 %
Wasser	5878,5 „	=	95,5 „

Versuch VII.

Das Pferd verzehrte die 1500 gr Hafer in 29 Minuten. Sofort nach beendeter Mahlzeit wurde es 1 Stunde lang im Schritt geführt und dann getödtet.

a) Mageninhalt 3674 gr.

Trockensubstanz	968,5 gr	=	26,4 %
Wasser	2705,5 „	=	73,6 „

Rohfaser 109,4 gr.

b) Dünndarminhalt 8988 gr.

Trockensubstanz	326,3 gr	=	3,6 %
Wasser	8661,7 „	=	96,4 „

Versuch VIII.

Das Pferd hat die 1500 gr Hafer in 16 Minuten verzehrt. Sofort nach beendeter Mahlzeit wurde es 1 Stunde lang im Schritt geführt und dann getödtet.

a) Mageninhalt 3460 gr.

Trockensubstanz	1033,5 gr	=	29,9 %
Wasser	2426,5 „	=	70,1 „

Rohfaser 140,9 gr.

b) Dünndarminhalt 5550 gr.

Trockensubstanz	329,2 gr	=	5,9 %
Wasser	5220,8 „	=	94,1 „

Wenn ich auch bei der geringen Zahl meiner Versuche und mit Rücksicht auf ihre Unvollständigkeit weit entfernt davon bin zu glauben, die aufgeworfene Frage gelöst zu haben, so sind doch

einige genügend sichere Resultate dieser Versuche in mancher Beziehung interessant und werth mitgetheilt zu werden, um so mehr, da diese Versuche, wie bereits erwähnt, die ersten sind, die an Pferden angestellt wurden.

III.

Die auffallendste Beeinflussung durch die Körperbewegungen zeigten die mechanischen Vorgänge im Magen, speciell die Weiterbeförderung der Ingesta in den Dünndarm, also die Motilität des Magens. A priori ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Bewegung des Mageninhaltes durch die Erschütterungen, welche der ganze Körper bei der Locomotion, besonders bei der lebhafteren wie z. B. beim Trabe, erleidet, ebenfalls beeinflusst wird. Unsere Versuche eigneten sich insofern sehr gut zur Beantwortung dieser Frage, als im Futter ein Bestandtheil — die Rohfaser — durch ihre absolute Unverdaulichkeit im Magensafte und Speichel (Ellenberger und Hofmeister) in sehr zuverlässlicher Weise dazu benutzt werden konnte, zu bestimmen, wieviel von dem aufgenommenen Futter bereits in den Darm übergetreten ist. Was von der aufgenommenen Rohfaser, deren Menge im Versuchsfutter durch directe Analysen genau bekannt ist, im Magen fehlt, das ist zweifellos in den Dünndarm weiterbefördert worden. Die Sicherheit der Resultate wird nicht wenig dadurch erhöht, dass bei unseren Versuchen der Magen den Leichen entnommen und vollständig entleert wird, von seinem Inhalte sicher nichts zurückbleiben kann, wovon man sich bei Versuchen, wo der Mageninhalt durch Ausheben gewonnen wird, doch nicht sicher überzeugen kann.

Da die Rohfaser im Mageninhalte ziemlich gleichmässig vertheilt ist und der Mageninhalt annähernd gleichmässig in den Dünndarm vorgeschoben wird, wie das in einem späteren Kapitel bewiesen wird, so kann man aus der Rohfasermenge auch auf die in den Darm beförderte Hafermenge folgern.

Die folgende Tabelle I enthält die Rohfaserbefunde der einzelnen Versuche.

Aus diesen Zahlen geht es unzweifelhaft hervor, dass im Magen der bewegten Pferde ausnahmlos mehr Rohfaser, also auch mehr Hafer vorhanden ist als bei den ruhenden, mithin weniger in den Darm befördert wurde. Wir gelangten somit zu dem ganz uner-

Tabelle I.

Aufgenommen wurden in jedem Versuche 176,0 gr Rohfaser.

Versuchs-nummer	Art der Körper-bewegung	Rohfaser im Magen gr	Rohfaser im Magen von der aufgenommenen Rohfaser %	Von der aufgenommenen Rohfaser gelangten also in den Darm gr	%	Durchschnittlich
I.	Ruhe	93,7	53,2	82,3	46,8	43,8 %
II.	„	102,0	58,0	74,0	42,0	
VI.	„	100,9	57,3	75,1	42,7	
III.	Trab	146,8	84,0	30,2	16,0	16,5 „
IV.	„	160,4	91,1	15,6	8,9	
V.	„	132,9	75,5	33,1	24,5	
VII.	Schritt	109,4	62,2	66,6	37,8	28,9 „
VIII.	„	140,9	80,1	35,1	19,9	

warteten Resultate, dass beim Pferde die Körperbewegungen die Entleerung des Magens in nicht unerheblichem Maasse verlangsamen, was ganz besonders bei der intensiveren Bewegung, beim Trabe in überzeugender Weise ersichtlich ist. Während bei voller Ruhe nach der Futteraufnahme in 1 Stunde durchschnittlich 43,8 % des aufgenommenen Hafers, sind in derselben Zeit bei Bewegung in Schritt nur 28,9%, bei Trab sogar nur 16,5% in den Dünndarm geschafft worden. In letzterem Falle ist also weniger als die Hälfte der bei Ruhe weiterbeförderten Hafermenge in den Darm gelangt. Da bei Trab auch bedeutend weniger als bei der Bewegung in Schritt aus dem Magen in den Darm befördert wurde, ist es auch wahrscheinlich, dass die Verzögerung der Magenentleerung mit der Intensität der Körperbewegungen wächst.

Unsere Versuche stimmen auf diese Weise durchaus nicht mit den Angaben Colin's[1]) überein. C. behauptet, dass beim Pferde die Körperbewegungen die Weiterbeförderung des Mageninhaltes zu beschleunigen scheinen und führt als Beispiel an, dass er bei einem Pferde, welches 6 Stunden lang Bewegung machte, im Magen 3500 gr Chymus fand, also um 743 gr weniger als im

1) Colin, Traité de physiologie comparée des animaux. Paris 1886. Bd. I. p. 822.

Magen eines anderen Pferdes, das nach einer ähnlichen Mahlzeit — 2500 gr Hafer — 6 Stunden in Ruhe gelassen wurde. Leider giebt C. nicht an, welcher Art die vom Pferde ausgeführten Körperbewegungen waren; ausserdem scheint er nur ein einziges Pferd untersucht zu haben.

Beim Hunde untersuchte Salvioli, beim Menschen Spirig die Veränderung der Motilität des Magens. Salvioli[1]) fand bei einem kleinen Hunde, in dem durch Apomorphin erbrochenen Mageninhalte viel weniger unverdaute Eiweissstücke, wenn er ihn 3 Stunden laufen, als wenn er ihn ebenso lange in Ruhe liess. Einen Versuch mit ähnlichem Resultate hat er auch an einem Magenfistelhunde mit Milch angestellt. Auch fand er bei einem Hunde, den er nach 2stündigem Laufe tödtete, von den Eiweissstücken nur noch sehr wenig im Magen, die meisten waren unverdaut im Ileum. Mit diesen — eigentlich nur 2 Versuchen — sieht es S. bewiesen, dass die aufgenommene Nahrung, wenn auch unverdaut, vom Magen schneller in den Darm gelange bei jenen Thieren die laufen, als bei jenen, die ruhen. Er hält es auch für wahrscheinlich, dass dies durch gesteigerte Bewegungen der Magenmuskulatur geschieht.

Spirig[2]) hat beim Menschen mit der Ewald-Sievers'schen Salolmethode die Motilität des Magens geprüft und gefunden, dass die Salicylsäure im Harn umso früher erscheint, je intensiver die Körperbewegung war, dass also dementsprechend, das Salol früher in den Darm gelangt ist. Sp. folgert daraus, dass die Motilität des Magens während der Körperbewegungen gesteigert ist. Dafür spreche auch der Umstand, dass erwiesenermaassen die Resorption bei Bewegung unverändert, die Menge der Umsetzungsprodukte des Eiweisses geringer ist, letztere also rascher in den Darm abgeführt werden als bei Ruhe. (Freilich muss bemerkt werden, dass die Saloïmethode bekanntlich nichts weniger als einwandsfrei ist.)

Mehr Versuche wurden meines Wissens diesbezüglich nicht angestellt. Wenn auch die angeführten einer Ergänzung bedürfen, so scheinen sie doch dafür zu sprechen, dass beim Menschen und Hunde gerade das Gegentheil dessen besteht, was wir beim Pferde beobachtet haben. Es scheint also, dass die Motilität des Magens

1) Salvioli, l. c.

2) Spirig, l. c.

während der Körperbewegungen bei einer Thierart gesteigert, bei der anderen verringert wird.

Unsere Befunde beim Pferde sind umso auffallender, als gerade die anatomische Einrichtung des Pferdemagens zu einer schnelleren Beförderung des Inhaltes bei Körperbewegungen, durch welche ja auch der Mageninhalt kräftig geschüttelt wird, ganz besonders geeignet schien. Der Pylorus ist nämlich absolut und relativ viel weiter, der Schliessmuskel schlaffer als z. B. beim Hundemagen. Colin sagt an der oben angeführten Stelle seines Buches wörtlich das folgende: „Il est évident, d'après la rapidité avec laquelle les aliments et les liquides parviennent à l'intestin, que le pylore des solipèdes doit fonctionner suivant un mode particulier, qui ne lui appartient point dans la plupart des animaux. Cet orifice est effectivement très dilatable, large et presque toujours béant, comme on s'en assure aisément sur les animaux vivants, dont l'estomac est plein et la digestion active. Il est par conséquent, chez le cheval, bien différent de ce qu'il est chez les carnassiers." Und doch gelangt der Mageninhalt bei einer lebhafteren Körperbewegung, wo man erwarten könnte, dass die Erschütterungen die Entleerung des Magens befördern sollten, langsamer in den Dünndarm! Unter solchen Verhältnissen müssen wir unbedingt annehmen, dass durch die Körperbewegungen auf irgend eine Art, die Entleerung des Magens verhindert, resp. verlangsamt wird. Das nächstliegende ist, an eine reflectorische Hemmung der Magenbewegungen oder eine reflectorische Schliessung oder Verengung des Pylorus zu denken. Dass die Magencontractionen auf reflectorischem Wege gehemmt werden können, ist eine bekannte Thatsache. Wertheimer[1]) konnte beim Hunde durch Reizung des centralen Ischiadicusendes die Contractionen der Magenmusculatur hemmen. Aehnliche Wirkung hat die Reizung eines centralen Vagusstumpfes. Uebrigens fand schon Openchowski[2]), dass die Contraction des Cardia- sphincters von den verschiedensten sensiblen Nerven des Körpers auf reflectorischem Wege gehemmt werden kann.

---

1) Wertheimer, Inhibition réflexe du tonus et des mouvements de l'estomac. (Arch. de physiologie norm. et pathol. 1892. p. 379.)

2) Openchowski, Ueber Centren und Leitungsbahnen für die Musculatur des Magens. Du Bois' Archiv. 1889. p. 549.

Auch Mering[1]) giebt an, dass er sich mehrfach davon überzeugte, dass die psychische Erregung die Entleerung des Magens hemmt, ebenso verlangsame auch die Anfüllung des Dünndarmes reflectorisch die Entleerung des Magens.

In einer an Katzen noch nicht lange begonnenen Versuchsreihe habe ich mich auch davon überzeugen können, dass durch die Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes sowohl die Bewegungen des Pylorus als auch des Darmes auf reflectorischem Wege beeinflusst werden können, worüber ich in einer späteren Mittheilung ausführlich berichten werde. Es wäre also möglich, dass auch beim Pferde die Contractionen der Magenmuskulatur während der Körperbewegungen auf reflectorischem Wege gehemmt werden oder der Pylorus vielleicht stärker contrahirt ist; das müsste aber erst experimentell geprüft werden.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch mit einigen Worten die Angabe über den Zeitpunkt des Uebertrittes der Magencontenta in den Dünndarm, besprechen. Ellenberger[2]) sagt in seinem Handbuche: „Bei kleinen und kurzdauernden Hafermahlzeiten beginnt der Uebertritt des Mageninhaltes nach dem Darm erst 2—3 Stunden nach der Mahlzeit". Dagegen ist Goldschmidt[3]) der Meinung, dass ein Theil des Futters schon während des Fressens in den Dünndarm übergeht. Dasselbe giebt auch Colin[4]) an.

Bei meinen Versuchen fand ich sowohl bei den ruhenden als bei den laufenden Pferden 1 Stunde nach der Mahlzeit, einen Theil des aufgenommenen Hafers bereits im Dünndarm. Ausser diesen Versuchen habe ich noch ein Pferd unter ähnlichen Versuchsbedingungen wie bei den acht Versuchen 10 Minuten, nachdem es 1500 gr Hafer verzehrte, getödtet und im Dünndarm bereits Hafer gefunden. Nach meinen Erfahrungen schliesse ich mich also der Ansicht Goldschmidt's und Colin's an, dass beim Pferde schon während der Futteraufnahme

1) Mering, Ueber die Function des Magens. Verhandl. des XII. Congresses für innere Medicin zu Wiesbaden. 1893.

2) Ellenberger, Vergleich. Physiologie der Haussäugethiere. 1890. I. Theil. p. 756.

3) Goldschmidt, Die Magenverdauung des Pferdes. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. X. p. 389.

4) Colin, loc. cit. p. 820.

der Mageninhalt in den Dünndarm überzutreten beginnt.

Schliesslich möchte ich noch kurz die Frage berühren, ob durch die Körperbewegungen die Durchmischung des Inhaltes im Magen selbst befördert wird. Goldschmidt[1]) und Ellenberger[2]) fanden, dass beim Pferde der Mageninhalt keine rotirende Bewegungen macht, dass keine Durchmischung verschiedener nach einander genossener Nahrungsmittel stattfindet, sondern dass „sich die in den Magen eintretenden Massen von der Cardia aus fächerartig nach allen Richtungen hin verschieben." Ausserdem haben sowohl Ellenberger als auch Goldschmidt bewiesen, dass beim Pferde (und Schweine) in dem Mageninhalte „ein scharfer Unterschied zwischen dem Inhalte der Schlund- und dem der Pylorushälfte des Magens noch Stunden lang besteht[3]), was natürlich nur so möglich ist, dass der Mageninhalt durch die Magenbewegungen nicht durchmischt wird. Bei meiner Versuchsanordnung hätte ich über diese Verhältnisse nur so Aufschluss erhalten können, wenn ich die Schlund- und Pylorushälfte des Magens gesondert untersucht hätte. Die Grenze zwischen beiden Magenabtheilungen ist schon äusserlich durch eine Furche angedeutet. Ich habe bei einem ruhenden Pferde (Vers. I.) und bei einem, welches 1 Stunde lang nach der Futteraufnahme trabte, wie in den Versuchen IV—VI, vor der Eröffnung des Magens denselben an der erwähnten Grenze abgebunden und so den Inhalt der Pylorushälfte von dem der Schlundhälfte getrennt und weiter auch getrennt untersucht. (Das letztere Pferd, welches trabte ist unter den Versuchen, nicht eingereiht, weil es den Hafer (1500 gr) nicht vollständig gefressen hat, sondern nur 1416 gr und dazu 45 Minuten brauchte. Es hatte schlechte Zähne. Ausserdem hatte es einen Magenkatarrh. Der Mageninhalt wurde auch nur zu dem Zwecke untersucht, ob ein Unterschied zwischen der Pylorus- und der Schlundabtheilung vorhanden ist.)

Bei der Beurtheilung der Befunde dürfen wir aber nicht vergessen, dass bei einem nur etwas flüssigeren Mageninhalte, beim Tödten des Thieres, bei der Herausnahme und dem Abbinden des

1) Goldschmidt, l. c. p. 384.
2) Ellenberger, l. c. Bd. I. p. 732.
3) Ellenberger, Handbuch I. Bd. p. 825.

Magens von der einen Abtheilung sehr leicht ein Theil in die andere überfliessen und so die Unterschiede verdecken kann. Ausserdem ist am Anfange der Magenverdauung, wo wie Ellenberger und Hofmeister nachgewiesen haben im ganzen Magen Stärke verdaut wird, der Unterschied zwischen den zwei Abtheilungen nicht bedeutend. Die geringen quantitativen Unterschiede, die ich im Wassergehalt und in den Verdauungsproducten zwischen der Schlund- und Pylorusabtheilung des Magens fand, sind so unbedeutend, dass ich auf sie weiter gar nicht eingehen will. Nur eines möchte ich hervorheben. Bei dem ruhenden Pferde reagirte der gut durchmischte Inhalt der Pylorushälfte filtrirt und unfiltrirt sehr deutlich sauer, während der der Schlundhälfte deutlich alkalisch reagirte. Derselbe Unterschied bestand auch bei dem Pferde, welches trabte. Zieht man ferner in Betracht, dass, wie es das folgende Kapitel zeigen wird, der Mageninhalt während der Körperbewegung wasserreicher, flüssiger wird, also eine Durchmischung des Mageninhalts ceteris paribus leichter stattfinden kann, so spricht der bedeutende Unterschied in der Reaction dafür, dass während der Körperbewegung eine Durchmischung des Mageninhaltes ebenso wenig stattfindet, wie bei der Ruhe.

IV.

Ausser der Motilität des Magens, wird auch die secretorische Thätigkeit seiner Schleimhaut während der Körperbewegungen modificirt. Meine diesbezüglichen Beobachtungen erstrecken sich aber nicht auf den ganzen Umfang der Magensecretion, sondern nur auf die Secretion des Wassers.

a) Zur Beurtheilung der Wassersecretion im Magen konnte ich nur die Wassermenge des Mageninhaltes benützen. Ein Unterschied im Wassergehalt des Mageninhaltes ruhender und bewegter Pferde zeigte sich in einigen Versuchen schon beim Durchrühren, indem der Mageninhalt der bewegten Pferde meist wässriger war. Die folgende Tabelle II giebt den ziffermässigen Ausweis über den Wassergehalt.

Nach diesen Zahlen enthält der Mageninhalt bei Körperbewegung, besonders bei der intensiveren, absolut und auch relativ mehr Wasser. Nehmen wir die 3 ruhenden und die 3 trabenden Pferde, so sind bei ersteren durchschnittlich 2071 gr = 70,1%, bei letzteren 3182 gr. = 72,9% Wasser im Mageninhalte. Die 2

Tabelle II.

Versuchsnummer	Art der Körperbewegung	Mageninhalt gr	Dünndarminhalt gr	Wassergehalt des Mageninhaltes gr	%	Wassergehalt des Dünndarminhaltes gr	%
I.	Ruhe	2921	6191	2151	73,6	5826	94,1
II.	"	2566	5630	1706	66,5	5244	93,3
VI.	"	3356	6158	2356	70,2	5878	95,5
III.	Trab	4005	2975	2715	67,8	2841	95,5
IV.	"	4604	5553	3383	73,5	5363	96,6
V.	"	4320	5158	3448	77,5	4859	94,2
VII.	Schritt	3674	8988	2705	73,6	8662	96,2
VIII.	"	3460	5550	2427	70,1	5221	94,1

Pferde, welche im Schritt bewegt wurden, stehen mit 2566 gr = 71,9% zwischen beiden.

Es ist unzweifelhaft, dass der allergrösste Theil des im Mageninhalte vorhandenen Wassers vom verschluckten Speichel stammt. Ellenberger[1]) giebt an, dass beim Pferde beim Kauen des Hafers der secernirte Speichel das doppelte Gewicht des verzehrten Hafers ausmacht. Nach Lassaigne[2]) beträgt der Speichel etwas mehr als das Gewicht des Hafers. Bei unseren Versuchen würden dem entsprechend die Pferde etwa 2000—3000 gr Speichel, also die geringe Trockensubstanz des Speichels abgerechnet, etwas weniger Wasser verschluckt haben; dazu kommt noch das im Hafer enthaltene Wasser (217 gr). Nun verschwindet aber sehr bald ein Theil dieses Wassers aus dem Magen, da ein Theil des Mageninhaltes noch während des Fressens in den Dünndarm befördert wird. (Auf einem anderen Wege als durch Hinüberfliessen in das Duodenum verschwindet kein Wasser aus dem Magen, da letzterer wie v. Mering[3]) zeigte — keine in Betracht kommende Menge Wassers resorbirt.) Wenn auf diese Weise die Wassermenge im Magen abnimmt, so wird sie andererseits durch die Wassersecretion der Magenschleimhaut vermehrt.

---

1) Ellenberger, l. c. I. Bd. p. 511.

2) Lassaigne, Citirt nach Colin, l. c. T. I. p. 663.

3) v. Mering, Ueber die Function des Magens. (Verhandl. des XII. Kongresses f. innere Medicin in Wiesbaden. 1893.

Unter solchen Verhältnissen ist natürlich die Deutung des Befundes einer grösseren Wassermenge im Mageninhalte nicht so einfach.

Wie es die Tabelle II unzweifelhaft beweist ist im Mageninhalte der bewegten Pferde nicht nur ausnahmslos mehr Wasser als in demjenigen der ruhenden, sondern es ist in zwei Versuchen (Nr. IV. und V.) mehr Wasser als nach unserer eben ausgeführten Berechnung verschluckt sein konnte. Denn selbst wenn wir mit Ellenberger annehmen, dass in jedem Falle 3000 gr Speichel verschluckt werden, so gäbe das mit dem Wasser des Hafers höchstens etwa 3200 gr Wasser, während in den Versuchen IV und V 3383 resp. 3448 gr Wasser waren. Dies ist umso bemerkenswerther, als ja ein Theil des verschluckten Wassers bereits (mit dem übertretenen Mageninhalte) in den Dünndarm befördert wurde. Schon diese absolut grössere Wassermenge bei den bewegten Pferden, spricht entschieden für eine gesteigerte Wassersecretion der Magenschleimhaut während der Körperbewegung. Es wäre allerdings denkbar, dass bei den bewegten Pferden nur deshalb mehr Wasser im Magen ist, weil vom Mageninhalt überhaupt weniger in den Dünndarm gelangt, wie wir das ja auch thatsächlich oben bewiesen haben. Wäre das allein die Ursache des grösseren Wassergehaltes bei dem trabenden Pferde, so müsste, eine gleichmässige Verschiebung des Mageninhaltes vorausgesetzt, der procentische Wassergehalt derselbe sein, wie bei den ruhenden Pferden. Findet hingegen keine gleichmässige Verschiebung des Mageninhaltes statt, so ist es doch wahrscheinlich, dass wenn schon die Entleerung des Magens während der Körperbewegungen erschwert, beziehentlich verlangsamt ist, dies in erster Reihe die festeren Bestandtheile des Mageninhaltes treffen wird, also vom flüssigen Theil desselben relativ mehr — (wenn auch absolut weniger) — in den Dünndarm gelangt. Dann müsste aber bei den bewegten Pferden mit verlangsamter Magenentleerung der Mageninhalt procentisch weniger Wasser enthalten. Thatsächlich ist aber bei den trabenden Pferden nicht nur der absolute, sondern auch der procentische Wassergehalt des Mageninhaltes — wenn auch nicht bedeutend — so doch grösser als bei den ruhenden, was unter solchen Umständen nur so erklärlich ist, dass während des Trabens im Magen mehr Wasser secernirt würde. Wir gelangen somit zu dem Schlusse, dass die (intensiveren) Körper-

bewegungen beim Pferde die Wassersecretion der Magenschleimhaut steigern.

Ganz unerwartet kam mir dieses Resultat nicht, da Goldschmidt[1]) erwähnt, dass er den Mageninhalt des Pferdes verhältnissmässig trocken, ausnahmsweise aber sehr wasserreich gefunden hat, dass er aber bei keinem Pferde „die sich nicht bewegt hatten (die aber auch kürzere Zeit gehungert) einen flüssigen Mageninhalt vorfand.“ Er denkt an die Möglichkeit der Veränderung in der Resorptionsfähigkeit des Magens während der Körperbewegung. Auch Ellenberger[2]) giebt an, dass von 49 untersuchten Pferden der Inhalt des Magens bei 36 dickbreiig und wasserarm und nur bei 13 dünnbreiig und wasserreich war; „letzteres schien besonders der Fall zu sein, wenn die Thiere gleich nach der Mahlzeit bewegt wurden.“ Eine Erklärung dieses Befundes giebt Ellenberger nicht.

Bei dieser Gelegenheit sei auch gleich erwähnt, dass, wie auch Tabelle II zeigt, der Wassergehalt des Dünndarminhaltes ebenfalls bestimmt wurde. Doch sind die einzelnen Befunde bei den bewegten Pferden von einander so abweichend, dass diese Unterschiede grösser sind als diejenigen zwischen ruhenden und bewegten Pferden. Dazu kommt noch, dass die Verhältnisse beim Dünndarm viel complicirter sind, da zu den verschiedenen Secretionen auch die Resorption des Wassers kommt. Somit ist es also unmöglich, aus dem Wassergehalt irgendwelche Schlüsse zu ziehen, zumal es keine ausgesprochene Veränderung zeigt. Der procentische Wassergehalt scheint während der Körperbewegung etwas grösser zu sein.

2) Bei der Prüfung einer eventuellen Veränderung der Säureproduction im Magen während der Körperbewegung musste vor allem der Umstand berücksichtigt werden, dass die Untersuchung in einem Stadium der Verdauung vorgenommen wurde, in welchem nach den Untersuchungen von Ellenberger und Hofmeister[3]) und auch Goldschmidt[4]) im Magen-

1) Goldschmidt, l. c. pag. 374.

2) Ellenberger, sein Handbuch. Bd. I. p. 808.

3) Ellenberger und Hofmeister, Ueber die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes. III. Die Magenverdauung des Pferdes. (Arch. f. wissenschaftl. u. pract. Thierheilkunde. Bd. VIII. p. 395.)

4) Goldschmidt, l. c.

inhalte des Pferdes noch keine freie Salzsäure vorhanden ist, sondern nur Milchsäure. E. u. H. konnten erst 3 Stunden nach dem Fressen Spuren von Salzsäure nachweisen. Diesen Angaben entsprechend habe ich in keinem einzigen Versuche, weder bei ruhenden noch bei bewegten Pferden im Mageninhalte freie HCl nachweisen können (Tropacolin, Methylviolett). War der Mageninhalt sauer, so stammte die saure Reaction nachweisbar von Milchsäure (Carboleisenreaction). Der (gut durchmischte) Mageninhalt reagirte aber nicht in allen Versuchen sauer, wie das die folgende Zusammenstellung beweist.

Versuch-nummer	Art ber Körper-bewegung	Reaction des Mageninhaltes	
I.	Ruhe	In der Pylorus-hälfte sauer	In der Schleim-hälfte alkalisch
II.	Ruhe	sauer	
VI.	Ruhe	sauer	
III.	Trab	schwach alkalisch	
IV.	Trab	alkalisch	
V.	Trab	alkalisch	
VII.	Schritt	sauer	
VIII.	Schritt	sauer	

Die Prüfung geschah mit Lakmuspapier.

Es reagirte also der Mageninhalt der ruhenden und der in Schritt bewegten Pferde sauer, derjenige der trabenden Pferde alkalisch. Wie bereits erwähnt, stammte die saure Reaction von freier Milchsäure.

Die nächstliegende Erklärung dieses Befundes wäre die Annahme, dass durch die Körperbewegungen ebenso wie die Motilität der Magenmusculatur auch die Säureproduction der Schleimhaut herabgesetzt wird. Geben doch Cohn[1]) und Salvioli[2]) für den Hund und Spirig[3]) für den Menschen an, dass die Acidität des Mageninhaltes während der Körperbewegung abnimmt, was in ihren Versuchen nur durch verminderte Säureproduction erklärbar ist; nur Surmont und Brunelle[4]) behaupten das Gegentheil, d. h. dass die Acidität zunehme.

1) Cohn, 2) Salvioli, 3) Spirig, loc. cit.
4) Surmont und Brunelle, l. c.

Wenn auch in unseren Versuchen die alkalische Reaction des Mageninhaltes bei den trabenden Pferden mit der Annahme einer verminderten Säureproduction wohl vereinbar wäre, so bildet dieselbe doch keinen Beweis dafür. Während des Trabens ist die Entleerung des Magens bedeutend verlangsamt, es werden also auch viel grössere Mengen des im verschluckten Speichel vorhandenen Alkalis im Magen zurückbleiben. Daraus folgt aber, dass selbst in dem Falle, dass die Magenschleimhaut ebenso viel Säure producirt als bei den ruhenden Pferden, dieselbe ganz neutralisirt werden, ja noch überschüssiges Alkali übrig bleiben kann. Unter solchen Verhältnissen wäre es sogar möglich, dass selbst dann, wenn mehr Salzsäure als bei ruhenden Pferden producirt wird, der Mageninhalt doch alkalisch reagiren könnte. Aus all dem geht hervor, dass wir aus unseren Befunden nicht entscheiden können, wie sich die Secretion der Säure während der Körperbewegung verändert. Wir können auch die oben nachgewiesene vermehrte Wassersecretion zur Entscheidung dieser Frage nicht heranziehen, da die Untersuchungen von v. Mering[1]) gezeigt haben, dass (beim Hunde) auch dann reichlich Wasser secernirt wird, wenn sich keine HCl nachweisen lässt.

V.

Die Unterschiede, die wir bisher in den Magenfunctionen der ruhenden und bewegten Pferden constatirt haben, namentlich die langsamere Entleerung des Inhaltes, die alkalische Reaction und der grössere Wassergehalt desselben bei den bewegten Pferden liessen vermuthen, dass bei letzteren auch die Ausgiebigkeit der Magenverdauung Unterschiede zeigen werde. Die Ermittelung dieser Unterschiede setzt aber vor allem eine zuverlässliche Bestimmung der Ausgiebigkeit der Magenverdauung voraus. Wie soll nun der Grad der Verdauung bestimmt werden? Wäre in jener Periode der Verdauung, wo der Mageninhalt untersucht wurde, noch nichts in den Darm übergegangen, so wäre es ja sehr leicht festzustellen, wie viel von dem aufgenommenen Futter bereits verdaut resp. schon resorbirt ist. So aber darf man den Theil des Futters, welcher in den Darm übergegangen ist, nicht unberücksichtigt lassen. Es dürfte sich also kaum eine andere Methode

1) v. Mering, l. c.

anwenden lassen, als die, welche Ellenberger und Hofmeister bei ihren Untersuchungen stets angewendet haben. Ellenberger[1]) äussert sich diesbezüglich folgenderweise: „Abgesehen von der ersten Verdauungszeit, während welcher kein Uebertritt in den Darm stattfindet, lässt sich die Berechnung der Ausgiebigkeit der Magenverdauung nur in der Weise anstellen, dass man die im Magen vorhandene Fasermenge bestimmt und dann berechnet, welche Hafermenge der Fasermenge entspricht, wie viel Hafer also noch im Magen ist. Dann lässt sich nach Feststellung der im Magen vorhandenen unverdauten Nährstoffe leicht berechnen, wie viel Procent von den Nährstoffen des Hafers verdaut, resp. gelöst worden, resp. aus dem Magen verschwunden sind. Man setzt dabei ein gleichmässiges Vorrücken der Inhaltstheile des Magens nach dem Darme voraus."

Diese Voraussetzung ist aber eine conditio sine qua non für die Brauchbarkeit der Ellenberger'schen Berechnungsweise. Ich wollte mich also vor allem von der Stichhaltigkeit dieser Voraussetzung überzeugen und zwar auf folgende Weise: Rückt der Mageninhalt gleichmässig in den Darm vor, so muss im Mageninhalte der absolut unverdauliche Bestandtheil desselben, die Rohfaser, in gleichem Verhältnisse stehen zum gesammten Mageninhalte resp. zu dessen Trockensubstanz, gleichviel ob der Mageninhalt langsam oder schnell weiterbefördert wird, vorausgesetzt, dass in allen Fällen ähnliche Secretmengen secernirt werden, was übrigens bei der Trockensubstanz kaum in Betracht kommt, weil ja der Speichel und der Magensaft nur sehr wenig Trockensubstanz enthalten. Wir müssen also bei allen Versuchen ähnliche Verhältnisszahlen für die Rohfaser erhalten. Ich habe diese Verhältnisszahlen für alle meine Versuche berechnet und in der folgenden Tabelle III zusammengestellt.

Nimmt man nun den Mittelwerth, dieser unter einander wenig differirenden Werthe, so ergibt sich, dass bei den ruhenden Pferden das Verhältniss zwischen Mageninhalt und Rohfaser 100 : 3,40, bei den trabenden 100 : 3,41, bei den in Schritt bewegten 100 : 3,52, zwischen der Trockensubstanz des Mageninhaltes und Rohfaser bei den ruhenden Pferden 100 : 11,37, bei den trabenden 100 : 12,91, bei den in Schritt bewegten 100 : 12,46 ist. — Es finden sich also

1) Ellenberger, cit. Handbuch, Bd. I. p. 834.

Tabelle III.

Versuchsnummer	Art der Körperbewegung	Mageninhalt gr	Trockensubstanz im Mageninhalt gr	Rohfaser im Mageninhalt gr	Verhältniss zwischen Mageninhalt und Rohfaser	Verhältniss zwischen der Trockensubstanz des Mageninhaltes und der Rohfaser
I.	Ruhe	2921	770,4	93,7	100 : 3,21	100 : 12,2
II.	"	2566	859,6	102,0	100 : 3,98	100 : 11,9
VI.	"	3356	999,8	100,9	100 : 3,01	100 : 10,1
III.	Trab	4005	1290	146,8	100 : 3,67	100 : 11,4
IV.	"	4604	1221	160,4	100 : 3,48	100 : 13,4
V.	"	4320	971,6	132,9	100 : 3,08	100 : 13,9
VII.	Schritt	3674	968,5	109,4	100 : 2,98	100 : 11,3
VIII.	"	3460	1036	140,9	100 : 4,07	100 : 13,6

bei allen Pferden fast dieselben Verhältnisszahlen, woraus wir wohl folgern dürfen, dass sowohl bei den bewegten als ruhenden Pferden der Mageninhalt thatsächlich gleichmässig gegen den Darm vorgeschoben wird. Diese Folgerung erscheint noch mehr berechtigt, wenn wir mit obigen Zahlen das ursprüngliche Verhältniss der Rohfaser zur Gesammtmenge des mit dem Speichel vermischten Hafers und zur Trockensubstanz desselben vergleichen. Nehmen wir mit Ellenberger an, dass das Pferd beim Kauen von 1500 gr Hafer 3000 gr Speichel verschluckt, so sind in diesen 4500 gr 176 gr Rohfaser enthalten, das Verhältniss ist also 100 : 3,91; der Speichel enthält etwa 1,5 % Trockensubstanz, welche mit der Trockensubstanz des Hafers zusammen 1328 gr ausmacht; diese Trockensubstanzmenge steht zur Rohfaser wie 100: 13,25. Es sind das Zahlen, welche mit den oben gefundenen sehr gut übereinstimmen, besonders wenn man noch berücksichtigt, dass ja auch eine gewisse Menge Magensaft producirt wird, mithin also im Mageninhalt procentisch etwas weniger Rohfaser vorhanden sein muss. Auf diese Weise ist demnach die Rohfaser unmittelbar nach dem Verschlucken in derselben relativen Menge im Mageninhalte vorhanden, wie eine Stunde später, gleichviel ob das Pferd ruhig stand oder bewegt wurde.

Auf Grund dieser Berechnungen dürfen wir also wohl mit Recht annehmen, dass die Inhaltstheile des Magens ziemlich gleichmässig nach dem Darme vorrücken, dass somit die Voraussetzung,

auf welcher Ellenberger's Berechnungsweise der Ausgiebigkeit der Magenverdauung basirt, zu Recht besteht.

Um die Ausgiebigkeit der gesammten Magenverdauung nach dieser Methode feststellen zu können, musste ausser der Rohfaser im Mageninhalte der verdaute und unverdaute Antheil desselben bestimmt werden. Als verdaut wurde mit Ellenberger das betrachtet, was in gelöstem, als unverdaut, was in ungelöstem Zustande vorhanden war. Im II. Kapitel habe ich ausführlich angegeben, in welcher Weise die Menge der gelösten und ungelösten Bestandtheile des Mageninhaltes bestimmt wurden. Aus den so ermittelten Befunden wurden dann nach der oben angegebenen Weise die Ausgiebigkeit der Magenverdauung berechnet. Leider konnte ich diese Bestimmungen nur bei 4 Pferden, bei 2 ruhenden und 2 trabenden ausführen. Die Ergebnisse weist die Tabelle IV auf.

Tabelle IV.

Versuchsnummer	Art der Körperbewegung	Mageninhalt gr	Trockensubstanz im Mageninhalt gr	Von der Trockensubstanz des Mageninhaltes sind gelöst (verdaut) gr	ungelöst (unverdaut) gr	Rohfaser im Mageninhalt gr	Der Rohfasermenge entsprechende Trockensubstanz gr	Von der der Rohfaser entsprechenden Trockensubstanz wurden also im Magen verdaut gr	%
I.	Ruhe	2912	770,4	124,8	645,6	93,7	683,3	37,7	5,2
II.	„	2566	859,6	156,1	703,5	102,0	743,8	40,3	5,42
III.	Trab	4005	1290	399,1	890,9	146,8	1070	179,1	16,7
IV.	„	4604	1221	233,1	988,3	160,4	1170	181,7	15,5

Das interessante Ergebniss dieser 21 Versuche ist, wie das die Daten dieser Tabelle beweisen, dass die Magenverdauung bei den bewegten Pferden 1 Stunde nach der Futteraufnahme nicht unbedeutend weiter vorgeschritten ist, als bei den ruhenden. Mithin scheint die Körperbewegung bei Pferden die Magenverdauung — wenigstens in der ersten Stunde nach der Futteraufnahme — zu fördern.

Dieses Resultat ist auf den ersten Blick umso überraschender, als man nach den an Hunden und Menschen angestellten Versuchen eher das Gegentheil erwartet hätte. Fand doch die Mehrzahl der Autoren wie J. Cohn, Salvioli und Spirig, dass die

Magenverdauung durch die Körperbewegung verzögert wird; und auch Streng sagt nur, dass die Magenverdauung durch die Körperbewegung nicht beeinflusst wird.

Unser Resultat verliert jedoch an seiner Auffälligkeit, wenn man erstens in Betracht zieht, dass die Untersuchungen der angeführten Autoren einerseits an Fleischfressern angestellt wurden, andererseits beim Menschen auch nur die Eiweissverdauung berücksichtigt wurde, während wir an Pferden experimentirten, deren Magenverdauung nach den Untersuchungen von Ellenberger und Hofmeister[1]) und Goldschmidt nicht unwesentlich von der der Fleischfresser abweicht. Nach diesen Forschern — und ich kann nach meinen Erfahrungen ihre Angaben nur bestätigen, — werden beim Pferde in der ersten Periode der Magenverdauung fast nur Kohlehydrate verdaut, die Eiweissverdauung ist nur eine ganz geringe. Ellenberger nennt auch dem entsprechend diesen ersten Abschnitt der Magenverdauung „die amylolytische Periode." Diese Periode dauert — nach Ellenberger 1—2—3 Stunden, die Dauer der Mahlzeit mitgerechnet 2—3—4 Stunden. Die lange Dauer dieser amylolytischen Periode erklärt die grosse Menge des verschluckten alkalischen Speichels, so dass „eine lange Zeit verstreicht, ehe so viel Säure secernirt ist, um eine derartige Concentration derselben im Mageninhalte zu bedingen, welche die Zuckerbildung hindert" (Ellenberger).

Bei den bewegten Pferden entleert sich nun der Magen langsamer, es bleibt ein grösserer Theil des alkalischen Speichels im Magen zurück, es wird also eine grössere Menge der producirten Säure neutralisirt. Der Mageninhalt bleibt — wie wir oben sahen — alkalisch, was auf die Saccharificirung der Stärke nur förderlich wirken kann. Diese Ueberlegung legt es schon a priori nahe, dass unter solchen Umständen mehr Stärke gelöst werden kann, dass also die grössere Ausgiebigkeit der Magenverdauung bei den bewegten Pferden wahrscheinlich durch eine intensivere Verzuckerung der Stärke bedingt sei. Diese Vermuthung wurde durch die directe Prüfung der Kohlehydratverdauung bestätigt. Diese Prüfung konnte leider, wie schon einmal erwähnt, nur in 2 Ver-

1) Ellenberger u. Hofmeister, Ueber die Verdauungssäfte und Verdauung des Pferdes. (Arch. f. wiss. u. prakt. Thierheilkunde. Bd. VIII bis XII.)

suchen ausgeführt werden bei einem ruhenden und einem trabenden Pferde. Bestimmt wurde im Mageninhalte — nach der im Kapitel II. beschriebenen Methode — die Menge der vorhandenen ungelösten und gelösten Kohlehydrate. (Der Einfachheit halber sind, wie bereits erwähnt, ungelöste und gelöste Kohlehydrate als Dextrose berechnet). Wie bei der Gesammtverdauung des Magens wurde dann berechnet, wie viel von den der im Magen vorhandenen Rohfaser entsprechenden Kohlehydraten noch in unverdautem (ungelöstem) Zustande vorhanden ist. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate:

Tabelle V.

Versuchsnummer	Art der Körperbewegung	Kohlehydrate im Mageninhalte gr	Von den Kohlehydraten sind gelöst (verdaut) gr	Von den Kohlehydraten sind ungelöst (unverdaut) gr	Rohfaser im Mageninhalte gr	Der Rohfasermenge entsprechen Kohlehydrate gr	Von den der Rohfasermenge entsprechenden Kohlehydraten wurden also im Magen verdaut gr	Von den der Rohfasermenge entsprechenden Kohlehydraten wurden also im Magen verdaut %
II.	Ruhe	478,6	65,6	413,0	102,0	431,5	18,5	4,27
III.	Trab	659,2	172,8	486,4	146,8	621,1	134,7	21,7

Es sind beim trabenden Pferde nicht nur absolut mehr Kohlehydrate verdaut worden, weil im Magen mehr zurückblieb, sondern es wurde auch ein relativ grösserer Theil derselben verdaut. Diese zwei Versuche bestätigen also unsere Vermuthung; bei dem trabenden Pferde, ist ein grösserer Theil der Kohlehydrate im Magen verdaut worden, als bei dem ruhenden. Der Unterschied ist sehr bedeutend: während bei dem trabenden Pferde 21,7 %, wurden beim ruhenden nur 7,79 % der Kohlehydrate verdaut. Dieser Unterschied in der Kohlehydratverdauung ist so gross, dass es wohl allein, die in den Versuchen III u. IV constatirte, grössere Ausgiebigkeit der gesammten Magenverdauung des trabendes Pferdes bedingt, was um so wahrscheinlicher ist, als einerseits, wie bereits erwähnt wurde, in dieser Periode fast allein nur die Kohlehydrate verdaut werden und anderseits die Kohlehydrate auch den grössten Theil der Trockensubstanz des Hafers ausmachen. Wenn auch diese 2 Versuche allein keinen endgültigen Beweis führen können

so gewinnen sie durch den Umstand doch nicht wenig an Beweiskraft, dass ihre Resultate eben mit den Daten über die Gesammtverdauung dieser Versuche sehr gut übereinstimmmen.

Unsere Versuche führen uns somit zu dem Schlusse, dass während der Körperbewegung (Trab) die Magenverdauung des Pferdes in der ersten Stunde nach der Futteraufnahme eine ausgiebigere und dass die grössere Ausgiebigkeit durch die intensivere Verdauung der Stärke bedingt ist. Die Körperbewegung (Trab) unmittelbar nach der Futteraufnahme fördert also beim Pferde die Verdauung der Kohlehydrate im Magen.

Zur Entscheidung der Frage, wie sich die Magenverdauung der Eiweissstoffe während der Körperbewegung verhält, konnten meine Versuche nicht verwendet werden. (S. Kapitel II.) Sie wären dazu auch nicht geeignet gewesen, weil in der ersten Periode der Magenverdauung, der amylolytischen, nur sehr wenig Eiweiss verdaut wird. Dazu müssten spätere Stadien der Magenverdauung untersucht werden. (Uebrigens habe ich mich durch qualitative Prüfung des Mageninhalts der ruhenden und der bewegten Pferde überzeugen können, dass auch in der amylolytischen Periode, wie Ellenberger und Goldschmidt angeben, etwas Eiweiss verdaut wird. Ich konnte Syntonin, Albumosen und Pepton nachweisen.)

Ebenso wenig geben diese Versuche Aufschluss über das Verhalten resp. die eventuelle Veränderung der Resorptionsfähigkeit der Magenschleimhaut während der Ruhe und der Körperbewegung.

Ueberblicken wir nun zum Schlusse die Resultate unserer Versuche, so glaube ich aus ihnen, trotz ihrer Unvollständigkeit, doch so viel folgern zu können, dass beim Pferde die Motilität, die secretorische Thätigkeit des Magens und die Verdauungsvorgänge in demselben von den Körperbewegungen in der besprochenen Weise beeinflusst werden. Der ermittelte Einfluss bezieht sich allerdings nur auf die erste Periode der Magenverdauung und es ist noch zu untersuchen, wie sich die späteren Stadien der Magenverdauung verhalten.

